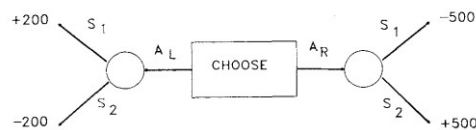


## Cognitive science contributions to Engineering Psychology, Man-machine Interaction, and Big Data

Jerome. R. Busemeyer, 2017 May 8

这位教授比较出名的研究是决策场理论.

首先, 简单介绍了一下在 risky decision making 中一些简单例子作为引子. 比如一个摩托车手比赛要过弯道, 他有两种选择, 有安全 safe 策略, 和危险 risk 策略, 不同策略皆有失败和成功两种可能,



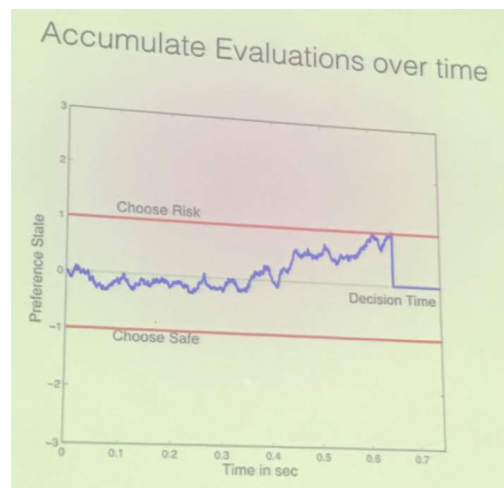
对应的也有不同的收益(或者风险).

传统的方法, 1945 年就有人提出来的, 叫做 Expected Utility Theory (EU), 其做法类似于基础的博弈论里面的对策,

$$v_R = w(S_1) \cdot u(-500) + w(S_2) \cdot u(+500),$$

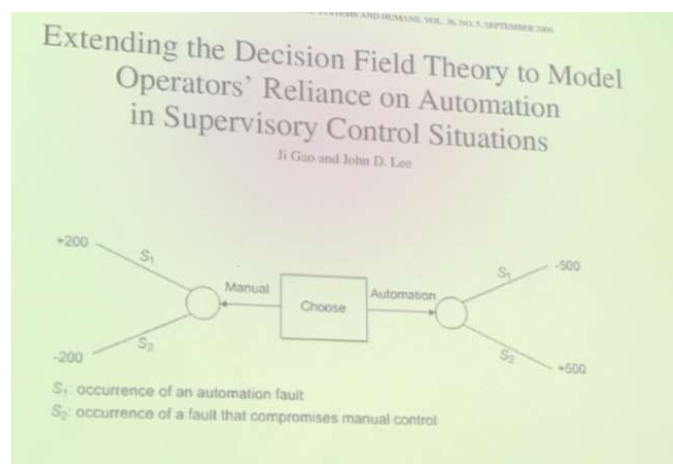
$$v_L = w(S_1) \cdot u(+200) + w(S_2) \cdot u(-200),$$

但这种方法 static 且没有 deterministic 的, 而实际上人的决策是概率性的, 动态的会随时间变化的并且选择概率会依赖于决策花的时间. 于是教授研究的认知科学对 EU 做了改进, 那就是 Decision Field Theory (DFT).

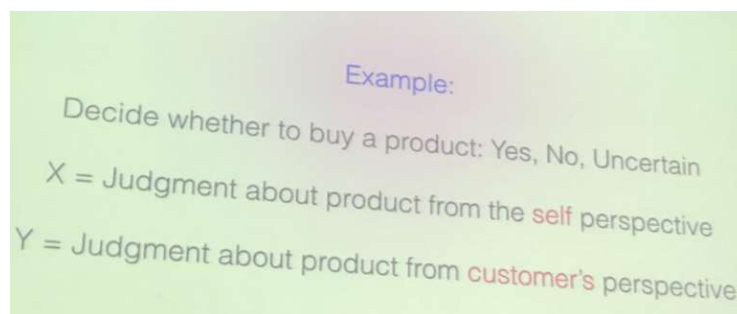


在这种理论里, 加上了时间轴, 并且有 boundary, 一旦 hit 到了 boundary, 就会做出决策. 具体的可能还是看论文比较清楚, 论文中数学模型并不复杂, 但这种思想应该还是比较开创新的, 所以才广为流传.

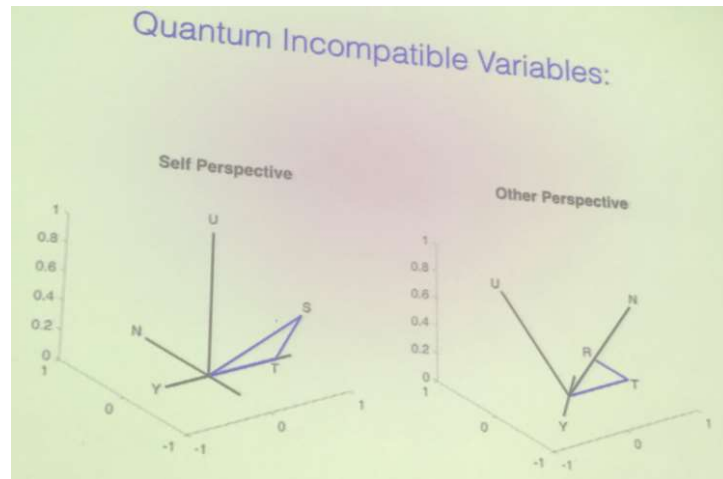
随后就介绍了其在 man-machine 交互中的应用. 本身这位教授主要都是做理论的, 所以有些东西也并不是他做的, 是别人借鉴了他思想. 比如一篇叫做 Extending the DFT to model operators' reliance on automation in supervisory control situations, 就是一个谷歌自动驾驶方面的研究, 借鉴了上面的模型. 一定程度上, 我们要是做 evaluation 类的或者投 CHI 文章, 也是可以考虑这一点的. 在可视交互系统中, 出于什么样的原因会选择哪种交互, 也算是一个行为影响的研究. 从最近组会报告的文章中, 我们也看到了一些 XXX 效应之流, 看起来都很有道理的样子.



下面的图是在大数据应用中的例子. 他这里用的是 data infusion (后面也会提到叫 data integration, 数据整合吧). 下图是决策时候一个常见的例子, 作为一个店员, 客户买一个东西与否从自己角度和从顾客角度相当于两个变量. 根据传统贝叶斯学派概率论, 各自都是一个概率分布, 关于答案 Yes No Uncertain, 那么就会有 3\*3 的表格作为联合概率分布. 这个数据量在 3\*3 还不算大, 一个真正的决策可能远不止这个数字. 并且其实也没考虑复杂的上下文问题.



如果采用量子概率论, 这里会用到 quantum incompatible variables, 两个不同的角度(自身与客户)可以只是看作坐标基的变换. 如下图, 结合量子理论一些概念, 教授称可以解决上下文效应与时间序列效应(前面的联合概率分布并不会含有时间). 并且这里不会用到 9 个联合概率变量, 仍然还是三个. 极大减小了数据融合的数据量.



下面两图概述了经典概率论和量子概率论在决策分析上的区别. 有些诸如量子概率不满足交换律看似神奇, 其实是更符合实际实验结果的.

Classical	Quantum
<ul style="list-style-type: none"> <li>Each unique outcome is a member of a set of points called the Sample space</li> <li>Each event is a subset of the sample space</li> <li>State is a probability function, <math>p</math>, defined on subsets of the sample space.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Each unique outcome is an orthonormal vector from a set that spans a Vector space</li> <li>Each event is a subspace of the vector space.</li> <li>State is a unit length vector, <math>S</math>.</li> </ul>
	$p(A) = \ P_A S\ ^2$
Classical	Quantum
<ul style="list-style-type: none"> <li>Suppose event A is observed (state reduction):</li> </ul> $p(B A) = \frac{p(B \cap A)}{p(A)}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>Suppose event A is observed (state reduction):</li> </ul> $p(B A) = \frac{\ P_B P_A S\ ^2}{\ P_A S\ ^2}$
<ul style="list-style-type: none"> <li>Commutative Property</li> </ul> $p(B \cap A) = p(A \cap B)$	<ul style="list-style-type: none"> <li>Non-Commutative</li> </ul> $\ P_B P_A S\ ^2 \neq \ P_A P_B S\ ^2$

传统概率论方法前提条件是假设一个 3-way 联合分布存在, 这其实并不一定, 此外实验结果也表明边缘概率分布\交换律\inconsistent correlation 都不满足, 而量子概率论却能解释这些. 具体的一些解释可以看教授主页上这个, 毕竟太复杂.

<http://mypage.iu.edu/~jbusemey/quantum/Quantum%20Probability.pdf>

或者其他一些 slides:

<https://pdfs.semanticscholar.org/be84/ace11ed82d516cd70aa2ca163e281e2fbcd.pdf>

在我个人看来, 做的东西有点老瓶装新酒的味道, 相当于是把传统概率论替换了. 当然由于在这块实在没有什么研究, 所以这只是我浅显的理解. 教授也提到在其以后招的博士里一定要有较强的数学功底, 可能和他主要还是做理论这一块有关, 从其最近发表文章似乎是要构建一套体系出来.

后来我也提问, 这一块和可视化会有什么结合吗? 教授说, 一方面这些理论的 input, 我理解就是行为随时间变化这一套可以作为可视化的一个对象; 另外就是把可视化作为决策的一个因素. 个人理解结合兰吉理解就是可以用这套理论改进可视化方法(类似于 CHI), 比如我们知道人在数据分析决策时提取的信息, 受影响因素, 结合一个可视分析的例子来做一个分析; 总结相关信息和因素来改善可视化.